**CИСТЕМА МОДЕЛЕЙ ДЛЯ CAD/CAE СТАНКОВ**

     Активное применение компьютерной техники позволяет прогнозировать выходные характеристики машин, их отдельных систем и узлов, начиная уже с самых ранних стадий проектирования, - с уровня принятия концепции. Это особенно актуально для дорогостоящих прецизионных машин, так как при их проектировании зачастую становится возможным существенно уменьшить или вообще исключить натурные исследования и испытания, требующие разработки и создания экспериментальных стендов и образов. В результате снижаются затраты на доработку конструкции и технологии, на корректировку технической документации, сокращаются сроки внедрения проектируемых машин.  
     Прогнозирование качества и надежности станков является весьма сложной проблемой в силу ряда специфических особенностей станков. Во-первых, современный станок представляет собой совокупность систем с разными физическими принципами действия: механическая система, электрическая и электронная системы управления, гидравлическая, пневматическая и другие. Соответственно эти системы описываются совершенно различными моделями. Во-вторых, станок в процессе работы подвергается воздействию различных видов энергии: механической, тепловой, электромагнитной, химической, биологической и т.д. В-третьих, в системах станка под воздействием различных видов энергии возникают процессы станка под воздействием различных видов энергии возникают процессы различной природы и различной скорости: колебательные, тепловые, износ, старение, коробление и другие, описываемые совершенно различными математическими моделями.   
     Опыт решения многочисленных модельных задач применительно к процессу проектирования различных металлорежущих станков; базирующиеся на применении современной компьютерной техники и идеологии CAD/CAM, показал, что целесообразно применение моделей трех основных типов.   
     Первый тип моделей предназначен для отбора вариантов разрабатываемой конструкции на концептуальном уровне. Модели должны быть одновременно просты и достаточно адекватны, давая возможность тем самым просмотреть большое число вариантов за ограниченное время.   
     В первую очередь на стадии концептуального проектирования необходимо принять решения по компоновке станка, шпиндельному узлу и приводам. Для оценки качества несущей системы в динамике применяют стержневую модель со многими степенями свободы, состоящую из сосредоточенных масс твердых тел и упругих стержней, перемежающихся стыками с упруго-диссипативными характеристиками [1]. Для определения перемещений в требуемых точках применяют метод конечных элементов в классической постановке. Нелинейные характеристики стыков приводят к линейным.  
     Давления на направляющих при различных компоновках определяют по известным уравнениям статики, раскрывая статическую неопределимость с использованием принципа совместности деформаций. Выбрав сочетание наименьших средних и максимальных давлений, прогнозируют форму изношенной поверхности и ресурс [2].  
     Шпиндельные узлы рассматривают как балку с сосредоточенной или распределенной по участкам массой, расположенную на двух или более упруго-вязких опорах. Смешение переднего конца шпинделя находят, применяя классический метод сил в матричной формулировке [3].  
     При принятии концепции узла определяют тип, конструкцию и схему расположения опор, габариты, межопорное расстояние, а для опор качения еще и способ создания предварительного натяга.  
     Приводы главного движения, подач и вспомогательных перемещений принято рассматривать в виде колебательных систем с сосредоточенными параметрами, причем такое представление характерно для приводов как вращательного , так и поступательного движения [4,5].  
     Второй тип моделей предназначен для приняти окончательного решения на стадии эскизного проекта. Из двух-трех вариантов, отобранных на стадии концептуального проектирования, выбирают тот, который в наилучшей мере отвечает регламентированным характеристикам работоспособности.  
     Модели несущих систем и их элементов представляются как системы с распределенными параметрами, - для их численного анализа применяют метод конечных элементов, позволяющий получать весьма точные результаты. Модели существенно более подробны, разбиение на конечные элементы более подробное, учитывающее конструкционные подробности элементов несущей системы и направляющих станка.  
     Для расчетов шпиндельных узлов применят комплексную модель, состоящую из нескольких частей: упругодеформационной (определяют квазистатическую жесткость вращающегося шпинделя), точностной (определяют погрешности вращения переднего конца шпинделя), тепловой (определяют тепловые деформации шпинделя), а для опор качения дополнительно включают модель усталостного разрушения подшипников (для расчета ресурса). При составлении расчетной схемы узла применяют метод конечных элементов, в качестве которых используют линейные двухузловые стержневые и кольцевые радиальные элементы, а также нелинейные элементы, имитирующие упруго-диссипативные свойства подшипников. комплексная модель реализована в виде автоматизированной системы.  
     Важнейшей задачей при прогнозировании характеристик станков является оценка точности обработки. Для этого необходимо прогнозировать выходные параметры точности узлов станка и станка в целом [2,3]. Применение современных вычислительных средств и вышеперечисленных моделей позволяет оценить влияние действующих силовых, тепловых и других факторов на формирование точности размера, точности взаимного расположение поверхностей, точности формы, волнистости и шероховатости, предназначенных к обработке деталей [3]. Например, становится возможным прогнозировать пространственную траекторию движения точки переднего конца шпинделя или траекторию движения суппорта и т.д.  
     Новым и перспективным направлением в математическом моделировании механической системы станка является использование в качестве базовой модель формообразующей системы, определяющую назначение станка как технологической машины и математически представляемую в виде функции формообразования [6]. В этом случае модель механики станка представляется в виде математических моделей объектов типа цепей, простых циклов и сети, для которых разработаны эффективные модели анализа. В работе [6] в значительной мере решена задача перехода от описания формообразующей системы к описанию динамической системы станка.  
     Третий тип представляет собой модели, предназначенные для оценки надежности станков, в первую очередь параметрическую надежность. Модели учитывают вероятностную природу процесса обработки на станках. Наиболее полным и достоверным подходом к оценке качества и надежности механизмов и машин является вероятностный подход. Вероятностный подход к моделированию определяется тем, что на станок в процессе эксплуатации действует большое число внешних и внутренних факторов. Не всегда факторы действуют одновременно и не все следует или можно учитывать при проектировании. Но каждый из них является случайной величиной или функцией [2,3].  
     Реализовать вероятностный подход при проектировании можно несколькими путями: созданием вероятностных моделей узлов и станков (этот путь сложен и далеко не всегда удается получить вероятностную модель объекта достаточно достоверной или получить ее вообще); используя детерминированные модели в сочетании со статистическим моделированием (этот путь проще и, как правило, дает весьма достоверные результаты; статистические испытания обычно проводятся по методу Монте-Карло); применяя модели параметрических отказав, дающие компактные решения при прогнозировании параметрической надежности.  
     Модели параметрических отказов при изнашивании для различных узлов, пар трения, направляющих станков широко представлены в [2]. Автором предложена модель параметрического отказа шпиндельного узла при тепловых процессах.  
  
     В МГТУ "Станкин" имеет практически полный программно-методический научный комплекс для расчетов механизмов, узлов, систем и станков, в том числе: комплекс по расчету шпиндельных узлов на опорах различных типов, начиная от экспресс-расчета основных характеристик узла на уровне принятия концепции, включающий подробные расчеты узла методом конечных элементов и кончая прогнозированием параметрических отказов узла; комплекс расчетов несущей системы станка в статике и динамике, учет тепловых деформаций станины, прогноз износа направляющих и потери точности при износе; комплекс расчетов характеристик главного привода, приводов подачи и вспомогательных перемещений; расчеты других узлов и механизмов станков различного целевого назначения.   
  
**ЛИТЕРАТУРА**:  
1. Каминская В.В., Кушнир Э.Ф. Автоматизированный расчет несущих систем металлорежущих станков. - М.: ЭНИМС, 1990. - 58с.  
2. Проникова А.С. Надежность машин. - М.: Машиностроение, 1978. - 592 с.  
3. Пуш А.В. Шпиндельные узлы. Качество и надежность. - М.: Машиностроение, 1992. - 288 с.  
4. Вейц В.Л., Кочура А.Е., Мартыненко А.М. Динамические расчеты приводов машин. - Л.: Машиностроение, 1971. - 352 с.  
5. Левин А.И. Математическое моделирование в исследовании и проектировании станков. - М.: Машиностроение, 1978. - 184 с.  
6. Кушнир Э.Ф., Портман В.Т. Структурный синтез расчетных моделей механики станков // Станки и инструмент. - 1991. - NN 9, 10.